

비디오 커뮤니케이션을 위한 네트워크 아키텍처 연구

오신행*, 한진영*, 곽원영*, 김용록*, 백승민**, 김주민**, 권태경*, 최양희*
서울대학교*, LG 전자**

{shoh, jyhan, wykwak, yrkim}@mmlab.snu.ac.kr, {sm.baek, joomin.kim}@lge.com, {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

A Study on the Network Architecture for Video Communication Systems

Shinhaeng Oh*, Jinyoung Han*, Wonyoung Kwak*, Yongrok Kim*,
Sungmin Back**, Joomin Kim**, Taekyoung Kwon*, Yanghee Choi*
Seoul National University*, LG Electronics**

요약

인터넷 기술의 발달로 사람들의 생활 환경이 급변하고 있다. 특별히 사람들의 삶의 큰 변화를 주도하는 스마트 워크의 등장은 비디오 커뮤니케이션 기술의 발달을 요구하고 있다. 본 논문에서는 현재 널리 사용되는 비디오 커뮤니케이션을 위한 대표적인 4 개의 아키텍처를 소개하고 각각의 장단점을 비교한다. 또한 각 아키텍처의 성능을 QoS 관점에서 검증하기 위해 시뮬레이션을 통해 비교 검증하였다. 본 논문의 결과는 향후 비디오 커뮤니케이션을 위한 아키텍처 디자인 및 개발에 초석이 될 것으로 기대된다.

I. 서론

인터넷의 발달은 사람들이 시간과 장소에 구애 받지 않고 생활할 수 있게 만들었다. 이제 사람들은 스마트 워크를 통해 자신의 집, 카페 등의 원하는 장소에서 자유로운 시간에 근무하고, 기업은 해외의 기업들과 직접 만나지 않고도 협업을 진행한다. 드디어 같은 시간에 같은 장소에 모여야만 할 수 있던 일을 멀리서도 효과적으로 할 수 있는 시대가 된 것이다. 이렇게 삶의 환경이 오프라인에서 온라인으로 변화하면서 화상회의는 근무의 기본적인 인프라로 떠오르고 있다. 기업 혹은 단체의 의사 결정 과정에서 빠질 수 없는 것이 구성원들 상호 간의 의사를 확인하고 협의하는 일인데, 서로 마주보고 대화 하거나 토론할 필요성이 높은 일들을 텍스트(예: 이메일)이나 음성(예: 전화)와 같은 서비스로 대체하기에는 여러 어려움이 따른다. 특히 스마트폰의 보급과 같은 혁신은 이러한 변화를 가속화 시키고 있으며, 이에 따라 비디오 커뮤니케이션을 위한 연구 및 개발이 학계와 산업계에서 활발하게 이뤄지고 있다.

기존의 화상회의 시스템은 네트워크에 Multipoint Control Unit (MCU)를 두고 둘 혹은 셋 이상의 단말이 MCU를 통해서 통신하는 경우가 많다. MCU는 사용자의 정보를 관리하며 세션의 관리를 담당한다[1]. 이는 가장 널리 사용되고 있는 방식이지만, 고가의 장비를 네트워크 망에 구비해야 한다는 점에서 고비용이고, 중앙처리 장치로써 동작하므로 Scalability에 문제가 있다[1]. 반면, 최근에는 중앙에 서버가 필요 없는 Peer-to-Peer (P2P) 기반의 오버레이 네트워크가 비용 측면이나 시스템 구성의 유연성 측면에서 주목받고 있으며, 이를 기반으로 중앙에 MCU와 같은 장치 없이 Peer 간에 메시 구조를 사용하는 연구가 이뤄지고 있다. Peer 기반으로 동작하는 분산형 구조이므로 Scalability가 증가하고 Load Balancing이 용이하다[2]. 실제로 Skype, Apple Face Time, 그리고 Google talk에서 사용되고 있는 기술이다.

본 논문에서는 비디오 커뮤니케이션을 위한 다양한 네트워크 아키텍처에 대해 논의 한다. 각각의 알고리즘을 적용했을 때의 장단점 비교를 통해 어떤 아키텍처를 선택하는 것이 전체 성능 향상에 도움이 되는지 확인한다. 또한 시뮬레이션을 통해 각 아키텍처의 성능을 QoS 관점에서 검증한다.

II. 비디오 커뮤니케이션 전략

본 논문에서는 널리 사용되는 4 종류의 비디오 커뮤니케이션 아키텍처를 소개한다. Multipoint Control Unit (MCU) 방식, Multicast Minimum Spanning Tree (MST) 방식, Full-Mesh 방식, Random 방식의 아키텍처에서 다수의 source가 다수의 destination으로 전송하는 화상회의 상황을 가정한다.

A. Multipoint Control Unit (MCU) 방식

기존에 많은 기업에서 사용하고 있는 화상회의 시스템은 네트워크 내에 Multipoint Control Unit을 두고 둘 혹은 셋 이상의 단말이 MCU를 통해서 통신하는 방식을 취하는 경우가 많다. MCU는 영상 회의에 참가하는 송신자의 음성과 영상을 적절하게 분배하고 제어하며 참가자들간의 허브로써 동작한다. 절대적으로 MCU의 수용 가능한 용량에 따라 품질이 좌우된다.

- 장점: 중간에서 MCU가 다른 노드들에게 데이터를 분배해주기 때문에 노드의 BW consumption 측면에서 유리하다.
- 단점: 노드가 많아져서 MCU capacity를 넘어가면 모든 flow에 문제가 생겨 모든 노드의 통신이 불가능할 수 있고 (즉, single point of failure 문제), MCU의 위치에 따라 delay가 클 가능성이 있다. 또한 통상적으로 MCU의 가격은 매우 비싸다.

B. Multicast Minimum Spanning Tree (MST) 방식

각 유저들간의 delay를 기준으로 구성된 connectivity graph를 토대로 Minimum spanning tree를 구성하고

이를 토대로 전송을 하는 방식이다. 노드 용량을 고려하지 않기 때문에 통신 quality 의 한계를 극복하는 것이 중요하다[3].

- 장점: 다른 방식에 비해 delay 를 고려하였기 때문에 평균 delay 가 작다.
- 단점: Relay 하는 입장의 중간에 위치한 노드들은 BW 요구량이 많아서 loss 가 발생할 가능성이 높다.

C. Full-Mesh 방식

그래프상의 모든 노드가 자신을 제외한 모든 노드에게 연결을 갖고 있는 형태를 말한다. 따라서 노드간의 전송이 직접적으로 이루어지게 된다[4].

- 장점: 중간에 추가 relay 노드가 없어서 bandwidth consumption 측면에서 이득을 볼 수 있기 때문에 모든 node 들간의 delay 가 작으면 유리하다.
- 단점: 반대로 direct link 의 delay 가 높은 경우 MCU 나 중간 노드들이 relay 해주는 장치가 있는 편이 유리할 수 있다.

D. Random 방식

랜덤하게 커넥션을 맺어 랜덤한 루트를 통해 데이터를 전송을 하게 된다. Topology, 상황, delay 등 상황 파악이 전무한 상태에서 아무런 계획 없이 보내는 방식이라고 할 수 있다.

III. 성능 평가

A. 실험 환경

네트워크 구조	MCU, MST, Full-mesh, Random
노드 개수	10 nodes
노드 용량	100Mbps, 300Mbps, 500Mbps, 1Gbps
MCU 용량	2Gbps
전송 속도	15Mbps (1080p 가정)

B. 실험 결과

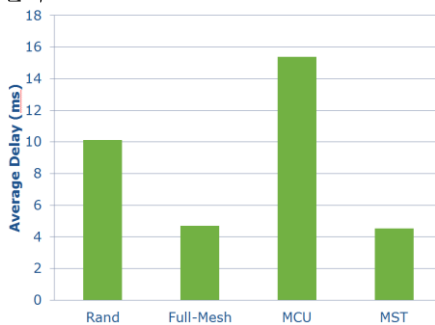


그림 1 콘텐츠를 받아오기까지 걸리는 평균 지연 시간

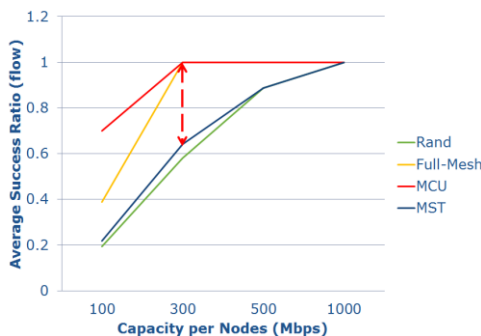


그림 2 노드 용량에 따른 플로우별 성공률

시뮬레이션을 통해 앞서 기술한 아키텍처들의 성능을 두가지 측면(평균 delay, 평균 전송 성공률)에서 비교해 보았다. 화상회의에 참석하는 모든 사용자들은 모두 한 지역에 있다고 가정하였고 각 사용자들 사이의 delay 는 랜덤하게 주어졌다. 또한 품질이 좋은 비디오 트래픽인 1080p 품질로 비디오 커뮤니케이션이 이루어진다고 가정하였는데, 이로 인한 과도한 트래픽으로 특정 지점에서 데이터들이 loss 되는 정도를 확인하기 위해 평균 전송 성공률을 계산하여 QoS 를 확인하였다.

그림 1 의 결과를 보면, 딜레이를 중점적으로 고려한 MST 알고리즘이 다른 알고리즘들에 비해 가장 뛰어난 성능을 나타낸다는 것을 확인 할 수 있었다. Full-Mesh 에서는 노드간의 전송이 직접적으로 이루어지기 때문에 현재 시나리오와 같이 모든 node 간의 delay 가 작으면 작을수록 평균 지연 시간 측면에서 유리하다. MCU 는 매번 relay 되는 중간 지점을 통과하기 때문에 불필요한 오버헤드를 발생시켜 random 보다도 좋지 않은 평균 delay 가 발생함을 보여주었다.

그림 2 의 플로우별 성공률 측면에서는 각 노드에 물리게 되는 트래픽은 전혀 생각하지 않고 딜레이만 고려하는 MST 알고리즘이 가장 좋지 못한 성능을 보여주었다. 정해진 수용량을 중앙에서 오차 없이 처리할 수 있게 하는 MCU 가 가장 좋은 성능을 나타내었고, 모든 노드들이 서로간에 연결되어 있는 Full-Mesh 도 load balancing 을 효과적으로 처리하여 높은 성공률을 나타내었다.

IV. 결론

본 논문에서는 영상회의를 위한 대용량 고화질 비디오 전송을 더욱 효과적으로 하기 위해서 대역폭의 증가뿐 아니라 네트워크 아키텍처의 설계가 매우 중요하다는 것을 다양한 네트워크 아키텍처들의 시뮬레이션 성능 비교를 통해 알아보았다.

실험적으로 검증된 내용을 바탕으로 향후 연구에서는 앞에서 살펴보았던 아키텍처들의 장단점을 보완하여 MST 를 기반으로 delay 를 최소화 시킴과 동시에 relay 노드들의 load balancing 을 통한 flow 별 성공률(품질)을 향상시킬 수 있는 새로운 알고리즘의 개발을 진행할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Cisco TelePresence, <http://www.cisco.com/en/US/products/ps7060/>
- [2] Stefano Asoli, Naeem Ramzan, and Ebroul Izquierdo, "A Novel Technique for Efficient Peer-To-Peer Scalable Video Transmission," European Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2010
- [3] Vinay Pai, Kapil Kumar, Karthik Tamilmani, Vinay Sambamurthy, Alexander E. Mohr, "Chainsaw: eliminating trees from overlay multicast," International workshop on Peer-To-Peer Systems (IPTPS), 2005
- [4] Nazanin Magharei, Reza Rejaie Prime, "PRIME: Peer-to-Peer Receiver-driven Mesh-based Streaming," INFOCOM, 2007